

传感器应用技术

CHUANGANQI YINGYONG JISHU

■ 主 编 张米雅



传感器应用技术

主 编 张米雅

副主编 洪晓丽 李燕萍



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

传感器应用技术/张米雅主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 4342 - 1

I. ①传… II. ①张… III. ①传感器 - 应用 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 196500 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 267 千字

版 次 / 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 35.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 李志强

前言

Preface

本书编写坚持“以就业为导向、能力为本位”，充分体现任务引领、实践导向的课程设计思想。本书以工业生产中的检测任务为主线，将知识点贯穿于任务中，由8个项目、25个任务贯穿而成。简化了理论，避免过多的公式推导和电路分析，力求内容编写简明实用、图文并茂、深入浅出，使学生学得会、学得明白，力争扩大学生的知识面，并为其今后的继续学习打下良好基础。

本书“项目一”以2个任务引领学习常用传感器的基本知识。“项目二”以3个任务引领学习温度的测量，包括了热敏电阻、金属热电阻以及热电偶的测温原理与方法。“项目三”以3个任务引领学习力的测量，包括了电阻应变片式、压电式以及电感式等传感器的理论知识与实践练习。“项目四”以5个任务引领学习利用接近开关进行位置检测，包括了电感式、电容式、霍尔以及光电式等传感器的原理及应用。“项目五”以4个任务引领学习如何利用电阻位移传感器、差动变压器式位移传感器、电涡流式位移传感器以及光栅位移传感器进行位移测量。“项目六”以2个任务引领学习如何利用电容式传感器和超声波传感器进行液位测量。“项目七”以3个任务引领学习图像检测，介绍了固态图像传感器、光纤图像传感器和红外图像传感器的原理及应用。“项目八”以3个任务引领学习现代检测技术，介绍了智能传感器、总线式传感器和无线网络传感器的结构与应用。

本书由张米雅主编，洪晓丽、李燕萍为副主编。其中项目一由洪晓丽编写，项目二、三、四、五由张米雅编写，项目七由李燕萍编写，项目六、八由姚建飞编写，并由张米雅负责全书的统稿工作。

杭州英联科技有限公司等为本书编写提供了资料。编者还参考了一些书刊，并引用了一些资料，但这些文献未能一一列举，在此对相关作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之编写经验不足，不足之处在所难免，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2014年3月

目 录

Contents

项目一 认识传感器	1
任务一 传感器的认识	3
一、基本知识	3
二、任务实施	6
任务二 传感器的技术指标	9
一、基本知识	9
二、任务实施	14
巩固与练习	14
项目二 温度检测	17
任务一 热敏电阻测温	19
一、基本知识	19
二、任务实施	22
三、拓展知识	23
任务二 金属热电阻测温	25
一、基本知识	25
二、任务实施	29
三、拓展知识	30
任务三 热电偶测温	31
一、基本知识	31
二、任务实施	35
三、拓展知识	37
巩固与练习	39
项目三 力的检测	41
任务一 电阻应变片测力	43

一、基本知识	43
二、任务实施	50
三、拓展知识	52
任务二 压电式传感器测力	53
一、基本知识	54
二、任务实施	62
三、拓展知识	63
任务三 电感式压力变送器	64
一、基本知识	64
二、任务实施	68
三、拓展知识	69
巩固与练习	69
项目四 位置检测	71
任务一 接近开关传感器	73
一、基本知识	73
二、任务实施	77
三、拓展知识	78
任务二 电感式接近开关	79
一、基本知识	79
二、任务实施	81
三、拓展知识	83
任务三 霍尔开关	84
一、基本知识	84
二、任务实施	86
三、拓展知识	86
任务四 光电开关	87
一、基本知识	87
二、任务实施	93
三、拓展知识	94
任务五 电容式接近开关	94
一、基本知识	95
二、任务实施	96
三、拓展知识	97
巩固与练习	98

项目五 位移检测	99
任务一 电阻位移传感器测位移	101
一、基本知识	101
二、任务实施	104
三、拓展知识	105
任务二 差动变压器式位移传感器测位移	107
一、基本知识	107
二、任务实施	111
三、拓展知识	113
任务三 电涡流式位移传感器测位移	113
一、基本知识	113
二、任务实施	116
三、拓展知识	117
任务四 光栅位移传感器测位移	118
一、基本知识	118
二、任务实施	119
三、拓展知识	121
巩固与练习	123
项目六 液位检测	125
任务一 电容式传感器测液位	127
一、基本知识	127
二、任务实施	132
三、拓展知识	134
任务二 超声波传感器测液位	135
一、基本知识	135
二、任务实施	138
三、拓展知识	139
巩固与练习	140
项目七 图像检测	141
任务一 固态图像传感器	143
一、基本知识	143
二、应用实例	148
三、拓展知识	148
任务二 光纤图像传感器	151

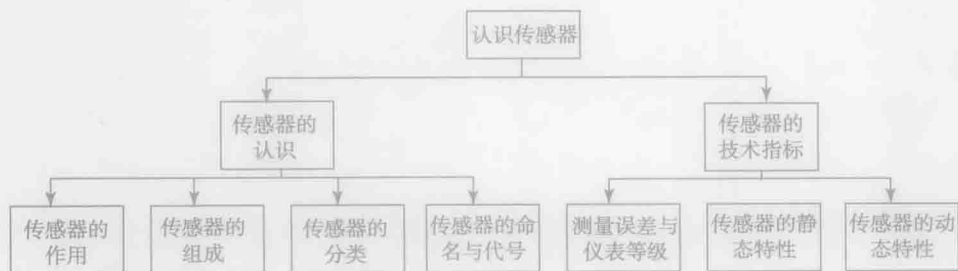
99	一、基本知识	151
100	二、应用实例	153
101	三、拓展知识	153
104	任务三 红外图像传感器	154
100	一、基本知识	154
101	二、应用实例	155
101	三、拓展知识	156
	巩固与练习	156
项目八	现代检测技术	159
	任务一 智能传感器	161
111	一、基本知识	161
111	二、应用实例	163
111	三、拓展知识	164
114	任务二 总线式传感器	166
111	一、基本知识	166
111	二、应用实例	168
111	三、拓展知识	169
114	任务三 无线网络传感器	170
111	一、基本知识	170
111	二、应用实例	170
111	三、拓展知识	172
114	巩固与练习	172
附表 1	Cu50 铜电阻、Pt100 铂热电阻分度表	173
附表 2	镍铬-镍硅 (K 型) 热电偶分度表	175
	参考文献	177

项目一

认识传感器



本项目知识结构图



知识目标

1. 了解传感器的作用。
2. 熟悉传感器的主要性能指标。
3. 掌握传感器的基本构成及命名方法。

能力目标

1. 能正确识别常用传感器。
2. 掌握测量误差的处理方法。

随着科学技术的发展,传感器及检测技术、通信技术和计算机技术构成了现代信息产业的三大支柱,分别充当信息系统的“感官”“神经”和“大脑”,它们构成了一个完整的自检测系统。在利用信息的过程中,首先要解决如何获取准确、可靠信息的问题,所以传感器的精度直接影响计算机控制系统的精度,可以说传感器在现代科学技术、工农业生产和日常生活中都起着不可替代的作用,是衡量一个国家科学技术发展水平的重要标志。

任务一 传感器的认识

传感器技术在自动检测和控制系统中,对系统运行的各项功能起着重要作用。系统的自动化程度越高,对传感器的依赖性就越强。

传感器几乎已渗透到所有的技术领域,如工业生产、宇宙开发、海洋探索、环境保护、医学诊断、文物保护等领域,并逐渐深入到人们的日常生活中,甚至有些儿童玩具也使用了传感器。

一、基本知识

1. 传感器的作用

在学习传感器之前,首先必须明确什么是传感器。传感器可以是单个的装置,也可以是复杂的组装体。但无论其构成怎样,它都具有一些相同的基本功能,即能感受(或响应)规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。根据字义可以理解传感器为“一感二传”,即感受信息并传递出去。

了解了什么是传感器后,就可以来探讨传感器的作用了。传感器是获取信息的工具,是现代工业社会自动检测与自动控制系统的主要环节。传感器技术主要用于两种不同的领域:一是采集信息,二是控制系统。

传感器常用来采集信息,给显示提供一种表征当前系统状态的参数数据。现以汽车传感器为例,来说明传感器在汽车电控系统中的重要作用,汽车上部分传感器的安装位置如图1-1所示。

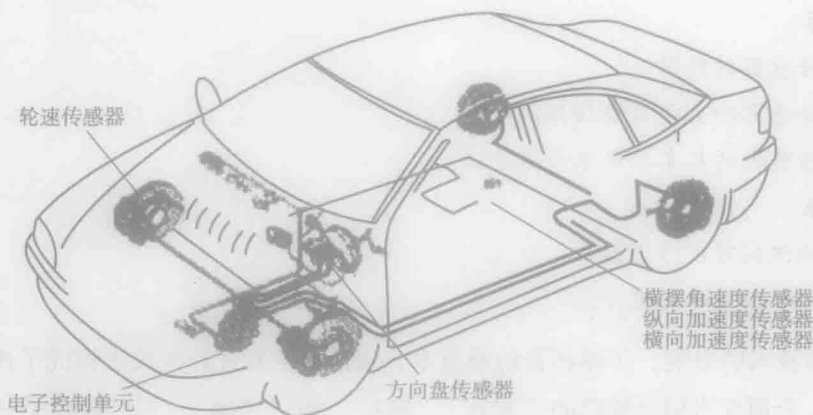


图 1-1 汽车上部分传感器的安装位置

传感器作为汽车电控系统的关键部件，直接影响着汽车技术性能的发挥。目前，普通汽车上装有几十到近百只传感器，高级豪华轿车则更多，这些传感器主要分布在发动机控制系统、底盘控制系统和车身控制系统中。

发动机控制用传感器有多种。温度传感器主要检测发动机温度、吸入气体温度、冷却水温度、燃油温度、机油温度等。压力传感器主要检测进气压力、发动机油压、制动器油压、轮胎压力等。流量传感器主要测定发动机的进气量和燃油流量以控制空燃比。转速传感器、角度传感器和车速传感器主要用于检测曲轴转角、发动机转速和车速等。利用这些传感器可以提高发动机的动力性、降低油耗、减少废气、反映故障等。

底盘控制用传感器分布在变速器控制系统、悬架控制系统、动力转向系统中。变速器控制传感器，主要用于自动变速器的控制。悬架控制系统传感器主要用于感应车辆姿势的变化，以实现车辆舒适性、操纵稳定性和行车稳定性的控制。

在车身控制系统中也存在着大量的传感器，如自动空调系统中的温度传感器、风量传感器和日照传感器；安全气囊系统中的加速度传感器；死角报警系统中的超声波传感器等。采用这类传感器的主要目的是提高汽车的安全性、可靠性和舒适性。

目前微处理器已经在测量和控制系统中得到了广泛的应用。随着这些系统能力的增强，作为信息采集系统的前端单元，传感器的作用将越来越重要。

2. 传感器的组成

传感器通常由敏感元件、转换元件、转换电路及辅助电源组成，如图 1-2 所示。敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分；转换元件是指传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的电信号的部分；转换电路是把转换元件输出的电信号变换为便于处理、显示、记录、控制和传输的可用电信号的电路；辅助电源是提供传感器正常工作能源的电源。



图 1-2 传感器的组成框图

应注意的是，并不是所有的传感器都必须包括敏感元件和转换元件。如果敏感元件直接输出的是电量，它就同时兼为转换元件；如果转换元件能直接感受被测量并输出与之成一定关系的电量，它就同时兼为敏感元件。例如压电晶体、热电偶、光敏元件等。敏感元件与转换元件合二为一的传感器是有很多的。

3. 传感器的分类

传感器的种类名目繁多，分类不尽相同。比较常用的分类方法见表 1-1。

表 1-1 传感器分类

分类方法	传感器名称
按构成原理分类	结构型传感器（转换元件的结构参数发生变化）、物性型传感器（转换元件物理特性发生变化）
按被测量分类	温度传感器、力传感器、位移传感器、速度传感器、流量传感器、气体传感器等
按测量原理分类	电阻式传感器、电感式传感器、电容式传感器、压电式传感器、磁电式传感器、热点式传感器等
按输出信号的性质分类	模拟式传感器、数字式传感器、开关式传感器

4. 传感器的命名与代号

(1) 传感器的命名。

传感器的命名由主题词加 4 级修饰语构成。

主题词——传感器，代号 C。

第一级修饰语——被测量，包括修饰被测量的定语。

第二级修饰语——转换原理，一般可后续以“式”字。

第三级修饰语——特征描述，指必须强调的传感器的结构、性能、材料特征、敏感元件及其他必要的性能特征，一般可后续以“型”字。

第四级修饰语——主要技术指标，如量程、精确度、灵敏度等。

本命名法在有关传感器的统计表格、图书索引、检索以及计算机汉字处理等特殊场合使用。如：传感器，位移，应变式，100mm。

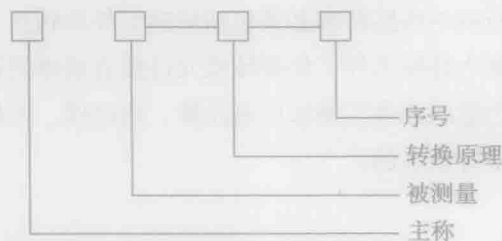
在技术文件、学术论文、教材及书刊的陈述句子中，作为产品名称应采用与上述相反的

顺序。如：10mm 应变式位移传感器。

在侧重传感器科学研究的文献、报告及有关教材中，为方便对传感器进行原理及其分类的研究，允许只采用第二级修饰语，省略其他各级修饰语。

(2) 传感器的代号。

一般规定用大写汉语拼音字母和阿拉伯数字构成传感器的完整代号。传感器的完整代号应包括 4 个部分：主称（传感器）、被测量、转换原理和序号。4 部分代号格式为



主称——传感器，代号 C。

被测量——用一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。

转换原理——用一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。

序号——用一个阿拉伯数字标记，厂家自定，用来表征产品设计特性、性能参数、产品系列等。

例如应变式位移传感器：代号为 C WY - YB - 20；光纤式压力传感器：代号为 C Y - GQ - 2。

二、任务实施

任务名称：认识传感器。

1. 训练目的

- (1) 通过传感器的图片了解各种传感器外形及功能。
- (2) 仔细查看传感器的命名方式及分类方式。

2. 训练步骤

- (1) 认识各类传感器。

图 1-3 ~ 图 1-11 所示为各种传感器的图片，熟悉这些图片做到根据外形可以确认传感器的类型。

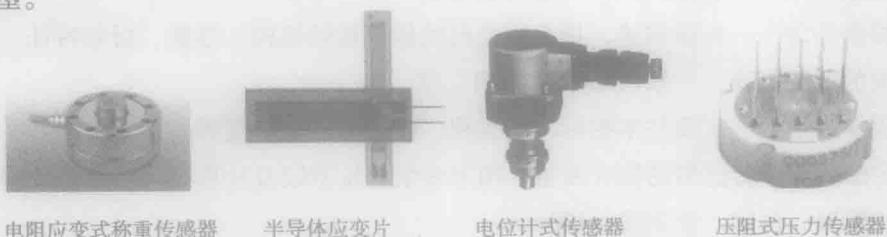


图 1-3 电阻应变式传感器



图 1-4 电感式传感器



图 1-5 电容式传感器



图 1-6 压电式传感器

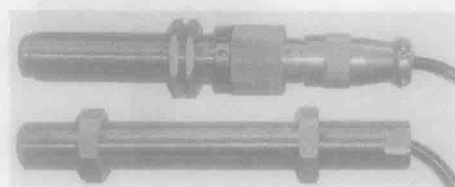


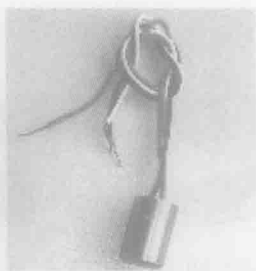
图 1-7 磁电式传感器



图 1-8 光电式传感器

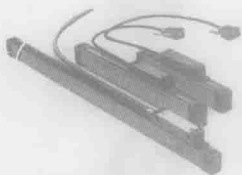


霍尔传感器



高转速磁敏转速传感器

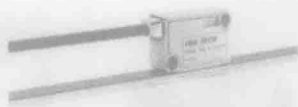
图 1-9 磁敏传感器



光栅传感器



光栅埋入式应变传感器

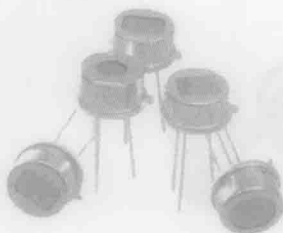


磁栅传感器

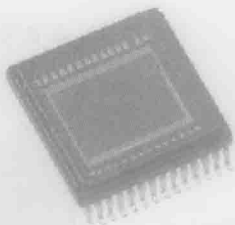
图 1-10 数字传感器



红外温度传感器



热释红外传感器



CCD图像传感器



超声波距离传感器

图 1-11 其他传感器

(2) 分析各类传感器。

通过查询文献、网络搜寻等方法，收集各类传感器的信息。将它们的类别、基本原理、优缺点以及适用范围填入表 1-2 中。

表 1-2 传感器的信息

类 别	基本原理	优 点	缺 点	适用范围

任务二 传感器的技术指标

一、基本知识

1. 测量误差与仪表等级

在实际测量过程中,由于测量仪器的精度限制,测量原理和方法不完善,或测量者感官能力的限制,测量的结果不可能绝对精确,总会产生误差。误差就是测量值与真实值之间的差值。误差又分为绝对误差和相对误差。

(1) 绝对误差 Δ 。

绝对误差能反映测量值偏离真实值的大小,其计算公式为:

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1.1)$$

式中 A_x ——测量值;

A_0 ——理论真实值。

绝对误差 Δ 和测量值 A_x 具有相同的单位。

(2) 相对误差 γ 。

由于绝对误差无法比较不同测量结果的可靠程度,所以人们又引入了测量值的绝对误差与测量值之比,即相对误差这一概念。